

아급성 편마비 뇌졸중 환자의 보행에 로봇-보조훈련이 미치는 영향에 관한 체계적 고찰

박세인 · 황수진[†]

백석대학교 보건복지대학원 물리치료학과

광주365재활병원, 재활센터

¹백석대학교 보건학부 물리치료학과

A Systematic Review of the Effects of Robotic-Assisted Training on Gait Performance in Persons with Subacute Hemiparetic Stroke

Se-in Park, P.T., B.S. · Su-jin Hwang, P.T., Ph.D.[†]

*Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Welfare, Baekseok University
Rehabilitation Center, Gwangju 365 Hospital*

¹*Department of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University*

Received: December 9, 2022 / Revised: January 30, 2023 / Accepted: February 27, 2023

© 2023 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This systematic review aims to determine whether robot-assisted training is more effective in gait training for persons with subacute hemiparetic stroke.

Methods: This study adopted a systematic review study design focused on subacute hemiparetic stroke, and four core academic databases were searched until June 11, 2021, for relevant studies, including PubMed, Embase, the Cochrane Library, and ProQuest Central. The review included randomized controlled trials (RCTs) evaluating the effects of robotic-assisted training on gait performance in persons with a diagnosis of subacute hemiparetic stroke. The selected RCT studies were qualitatively synthesized based on the population, intervention, comparison, outcome, settings, and study design (PICOS-SD).

Results: The study selected five RCTs involving 253 subacute hemiparetic stroke patients and performing robotic-assisted gait training using the following devices: the Lokomat, Morning Walk, Walkbot, ProStep Plus, or Gait Trainer II. Five RCTs were eligible for the meta-analysis after quantitative synthesis, and the results showed that the robot-assisted gait training group had a greater gait performance than the control group based on the 10-meter walk test, Berg balance scale, Rivermed mobility index, functional ambulation category, and modified Barthel index.

Conclusion: The results of this study showed that the gait performance of subacute hemiparetic stroke patients changes

[†]Corresponding Author : Sujin Hwang (ptsue@bu.ac.kr)

throughout robot-assisted gait training, but there were no indications that any of the clinically relevant effects of robot-assisted training are greater than those of conventional gait training. Further, the small sample size and different therapeutic intensities indicate that definitive conclusions could not be made.

Key Words: Gait, Robotics, Stroke, Systematic review

I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관사고로 발생하는 성인의 후천적 장애를 유발하는 뇌병변 중 하나로, 뇌졸중 발병 후 생존자는 팔다리 마비, 인지손상, 시력 손상 및 언어 상실 등의 다양한 문제를 경험한다(Kim et al., 2022; O'Sullivan et al., 2019). 뇌졸중의 주요 위험인자인 고혈압, 심장질환, 당뇨, 흡연 등에 대한 공중보건 의식 개선 및 선제적·의료적 관리를 통해 많은 선진국은 뇌졸중 발병률이 감소하고 있다(WHO, 2002). 반면에, 인구의 고령화로 인해 뇌졸중 절대 수(absolute number)는 계속 증가하고 있다(WHO, 2022). 세계보건 기구(World health organization, WHO)는 전 세계적으로 매년 1,500만 명이 뇌졸중을 앓고 있고 그 중 500만 명은 사망, 500만 명은 영구적 장애로, 뇌졸중 생존자는 물론 가족과 지역사회에 사회경제적 부담을 주고 있다(WHO, 2022). 따라서 뇌졸중 발병 후 생존자의 뇌손상으로 상실된 기능적 활동을 개선하고 독립성을 회복하기 위하여 시기적절한 의료재활서비스를 제공하는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다(Billinger et al., 2014; O'Sullivan et al., 2019).

뇌졸중 생존자는 발병 후 6개월 이상 34.6%가 운동 장애를 갖고 있고, 30%~50%만 지역사회 보행이 가능하다(Selves et al., 2020). 대부분의 생존자는 보행능력을 회복하지만, 일상생활을 독립적으로 수행하는데 필요한 보행 지구력, 보행속도, 보행안정을 달성하기 못한다. 뇌졸중 생존자 재활의 주요 목표는 그들의 일상생활 보조를 최소화하고 독립적인 활동을 증가시키며 삶의 질을 향상시키는 것이다. 그 목표를 향한 첫걸음은 모든 일상생활의 기본 역량 중 하나인 보행

능력의 회복이다. 따라서, 보행의 회복은 뇌졸중 생존자를 위한 재활 프로그램의 가장 중요한 부분 중 하나이며, 종종 개인의 최우선 목표가 된다(Giltler and Davis, 2018; Hakakzadeh et al., 2019; Nedergård et al., 2021; WHO, 2022).

뇌졸중 발병 후 비정상적인 보행패턴은 생존자의 뇌손상에 따라 특유의 움직임 편향과 새로운 보상의 조합으로, 대부분의 보행훈련은 보다 정상적인 보행 패턴으로 복원하기 위한 고도의 개별화된 집중적인 보행주기의 반복이다(Carr and Shepherd, 2010; Franco et al., 2021; Nam and Kim, 2010; O'Sullivan et al., 2019; Refshauge et al., 2009). 그 대표적인 보행주기훈련 중 하나가 로봇보조훈련(robot-assisted training)이다. 현대의 노동시장에서 로봇의 의존도는 점점 높아지고 있으며, 재활환경도 예외는 아니다. 20세기 후반 재활 분야에 등장한 체중지지트레드밀훈련(body weight-supported treadmill training, BWSTT)은 뇌졸중 환자의 보행능력 개선에 좋은 성과를 보이며 뇌졸중 환자의 중요한 보행훈련법으로 부각되면서 전 세계적으로 급속히 확산되었다(An and Shaughnessy, 2011; Kim et al., 2019; Kim et al., 2015; O'Sullivan et al., 2019). BWSTT는 트레드밀 위에서 물리적 보조장치와 함께 낙상을 방지하기 위한 현수장치로 체중지지를 한 상태에서 대상자의 보행패턴을 유도하기 위하여, 치료사가 수동적으로 보행패턴을 만든다. 따라서, BWSTT는 노동집약적이고, 많은 인적자원이 필요하다. 로봇을 이용한 보행훈련장치는 이러한 BWSTT의 단점을 보완하여 재활분야에서 활발하게 적용되고 있는 보행훈련법으로 자리매김을 하였다(O'Sullivan et al., 2019).

로봇보조훈련은 보행패턴에 필요한 물리적 부하량을 줄이고 시간적 및 공간적 매개변수와 관련하여 더 정상에 근접한 안전하고 집중적이고 과제 지향적인 훈련을 제공할 수 있다. 또한 로봇보조훈련은 더 정서적인 보행 패턴을 반복(repetition)과 경험(experience) 시킬 수 있어 기존 보행훈련보다 보행의 양과 질을 향상시킬 수 있다(O'Sullivan et al., 2019). 반면에 로봇보조훈련의 실제적인 훈련효과에 대한 논란을 지속되고 있는 것이 사실이다. 이 체계적 고찰은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 로봇보조훈련의 보행에 대한 양적 및 질적 효과에 대한 임상적 근거를 제시하기 위함이었다.

II. 연구 방법

1. 체계적 고찰 설계

본 연구의 검색전략은 두명의 연구원(SP & SH)가 수행하였다. 본 연구는 the preferred reporting items for systematic review and meta-analysis (PRISMA) 성명에 준하여 연구를 위한 문헌고찰을 목적, 방법, 결과분석 및 문서화를 진행하였다. 뇌졸중 생존자를 위한 보행 훈련으로 로봇보조훈련의 연구기반 근거를 평가하고 종합하기 위하여 모든 접근은 PRISMA의 권장사항을 준수하였다.

2. 검색전략

본 연구는 4개의 보건의료관련 중요 검색원(PubMed, Embase, ProQuest, Cochrane library)를 통하여 2021년 6월 11일까지 게시된 무작위배정임상시험연구(randomized controlled trials, RCTs)를 검색하였다. 검색어는 의학주제표목(medical subject headings)과 뇌졸중 생존자의 보행과 관련된 용어를 조합하여 사용하였다. 검색어는 “stroke or CVA or brain vascular accident, gait or walking, robotics, and randomized clinical trials or randomized controlled trials”이었다. 검색은 인간을 대상으로 한 연구, 영어로 작성된 연구로

제한하였고, 식별된 모든 관련 간행물의 참조 목록을 검토하였다.

3. 검색한 논문의 선별 및 적격성 기준

본 연구는 4개의 다른 데이터베이스를 통하여 검색한 논문을 모두 합쳐서 중복된 연구를 제거하였다. 중복 연구를 제거한 후, 2단계의 논문 선정단계를 진행하였다. 1단계는 제목과 초록을 기반으로 본 연구주제와 부합여부를 결정하였고, 2단계는 논문 전문을 기반으로 선별 및 적격성 여부를 결정하였다. 선별 및 적격성 여부를 결정하는 전 과정은 두 연구자가 독립적으로 진행하였다. 2단계를 통하여 연구를 선별한 후 두 연구자의 선별결과가 일치하는지 비교해보고, 불일치할 경우나 연구 선택이 모호한 경우 두 연구자가 아닌 제 3자의 의견을 반영하여 포함여부를 결정하였다.

본 연구에서 논문 선별기준은 다음과 같았다: (1)다른 신경학적 질환이 없고 초발성 뇌졸중 진단받은 자를 대상으로 한 연구, (2)대조군을 포함하여 로봇보조훈련이 보행에 미치는 영향을 평가한 RCTs, (3)영어로 작성된 연구, (4)인간을 대상으로 한 연구, (5)전문이 출판된 연구. 본 연구는 로봇보조훈련을 실시하였으나, 보행과 관련이 없는 연구나 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 하였거나, 급성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구는 제외하였다. 메타분석을 위하여 선택된 논문은 뇌졸중 환자를 대상으로 로봇보조훈련에 대한 효과 추정을 위한 표준오차 계산을 허용하는 데이터를 포함하지 않는 논문은 제외하였다.

4. 자료추출

선정된 논문에서 보고된 결과 중 본 연구의 평가 목적에 따라 대상자의 일반적 특성, 연구설계와 중재, 성과를 추출하였다. 이 과정에서 비뚤림(bias)을 최소화하기 위하여 자료추출에 대한 검토 프로토콜을 적용하였다. 전 과정은 두명의 연구자가 독립적으로 수행한 후 일관성 여부를 확인하기 위하여 전문가의 조언과 함께 최종 결정을 하였다.

5. 선택한 논문의 비뮌림위험 분석 및 방법론적 평가

본 연구는 선택한 논문의 내적타당도를 정의하기 위하여 (1)임의순서생성, (2)할당은폐, (3)참가자 눈가림, (4)결과평가 눈가림, (5)불안정한 결과 데이터 및 (6)선택적 보고의 6가지 비뮌림위험(risk of bias)를 분석하였다. 또한 로봇보조훈련과 기존의 보행훈련의 효과를 비교하기 위하여 선택된 연구결과를 바탕으로 95%신뢰구간을 분석하였다. 이 논문은 수집된 논문을 분석하기 위하여 RevMan 5.4.1(<http://ims.cochrane.org/revman>)을 적용하였다.

III. 결과

1. 문헌선택과 분류

본 연구가 4개의 검색원을 통해서 검색한 논문은 630편이었다. 그 중 중복된 연구는 109편이었다. 중복된 연구를 제외한 후 521편을 대상으로 제목과 초록을 검토하여 1차 배제를 진행하였다. 먼저 핵심어를 기준으로 174편을 배제하였고, 논문제목과 초록을 통해서 본 연구의 308편이 배제되었다. 1차 배제 후 남은 39편 중 8편은 본 연구와 환자, 중재, 비교중재, 중재결과 (patient, intervention, comparison, outcome, PICO)이

달랐고, 7편은 만성뇌졸중 환자를 대상으로 하였으며, 19편은 연구설계가 RCTs 아니어서 배제하고 최종 5편의 논문이 선택되었다(Fig. 1).

2. 뇌졸중 생존자를 위한 로봇보조보행훈련과 보행 기능: 자료추출

본 연구는 질적분석을 위하여 5편의 연구에서 자료를 추출하였다. 자료추출한 논문은 19세 이상의 아급성 뇌졸중 환자를 대상으로 로봇보조보행훈련을 실시한 집단과 보편적보행훈련을 실시한 집단을 비교한 것이었다. 그들은 아급성 뇌졸중 환자의 로봇보조보행훈련의 효과를 알아보기 위하여 10미터걷기검사(10 meter walk test, 10MWT), 리버메이동성지수 (Rivermed mobility index, RMI), 버그균형척도(Berg balance scale, BBS), 기능적보행지수(functional ambulatory category, FAC), 수정된바텔지수(modified Barthel index, MBI)를 사용하였다. 그들의 로봇보조보행훈련의 강도는 30분에서 60분까지 논문마다 다양하였고, 치료횟수는 15회가 2편, 20회가 3편이었다. 또한 2집단 실험군·대조군 연구와 4집단 실험군·대조군 연구로 구분되었고, 대조군과 비교하여 로봇보조보행훈련이 아급성 뇌졸중 환자에게 더 효과적인 것으로 조사되었다(Table 1).

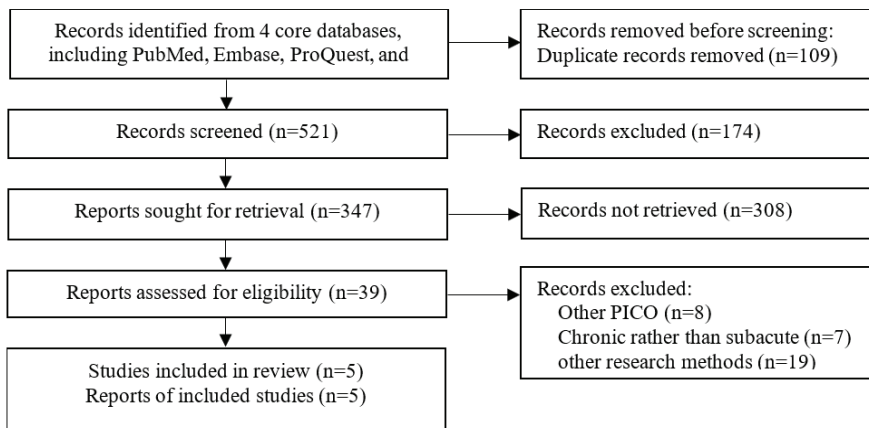


Fig. 1. Flow Diagram of the systematic review and meta-analysis.

Table 1. Studies included in systematic review

| Author, year | Country, setting | No. of Participants | Intervention, device | Therapeutic intensity | Comparison | Outcomes | Additional therapy | Summary of results |
|---------------|---|--|-------------------------|------------------------|------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------------|
| Han, 2016 | Republic of Korea Inpatient in one hospital | EG, 30(female 13), 67.89±14.69 CG, 26(female 11), 63.2±10.62 | RAGT Lokomat | 20 sessions, 30 min | Rehabilitation therapy | baPWV, CF, K-MBI, BBS, FAC, FMA-LL | Conventional therapy (30 min) | More improved on only baPWV |
| Kim, 2019 | Republic of Korea Inpatient in three hospitals | EG, 25(female 5), 57.7±12.9 CG, 23(female 10), 60.4±13.2 | RAGT Morning Work | 15 sessions, 30 min | Conventional therapy | FAC, MI-Lower, 10mWT, K-MBI, RMI, BBS | Conventional therapy (1 hour) | More improved on MI-lower and BBS |
| Kim, 2015 | Republic of Korea Inpatient in one hospital | EG, 13(female 4), 54.1±12.6 CG, 13(female 3), 50.0±16.2 | RAGT Walkbot | 20 sessions, 40 min | Conventional therapy | FAC, BBS, K-MBI, EQ5D, MAS | Conventional therapy 40 min | More improved on FAC, BBS, K-MBI |
| Molteni, 2021 | Italy multicenter | EG, 38(female 4), 62.13±8.75 CG, 37(female 3), 68.24±8.58 | o-RAGT ProStep Plus | 15 sessions, 60 min | Conventional therapy | 6MWT, MI-AL, TCT, 10mWT, MBI, WHS | None | Similar effects |
| Morone, 2011 | Italy Inpatient(T1) and outpatient(T2) in one hospital | EG1, 12(female 3), 55.58±13.35 EG2, 12(female 8), 68.33±9.11 CG1, 12(female 5), 60.17±9.59 CG2, 12(female 4), 62.92±17.43 | RAGT Gait Trainer II | 20 sessions, 40 min | Conventional therapy | RMI, MI, TCT, CNS, BI, RS, 6MWT, 10mWT | Conventional therapy | EG1> CG1 on FAC, RMI, and 6MWT |

6MWT, 6-minute walk test; 10mWT, 10-meter walk test; baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; BBS, Berg balance scale; BI, Barthel index; CF, cardiorespiratory fitness; CG, control group; CNS, Canadian neurological scale; EG, experimental group; EQ5D, EuroQol-5; FAC, functional ambulatory category; FMA-LL, Fugl-Meyer assessment-LL; K-MBI, Korean version of the modified Barthel index; MAS, modified Ashworth scale; MAS-AL, modified Ashworth scale of the affected lower limb; K-MBI, Korean version of the modified Barthel index; MI, motricity index; MI-AL, motricity index of the affected lower limb; o-RAGT, overground robot-assisted gait training; RAGT, robot-assisted gait training; RMI, Rivermead Mobility Index; RS, Rankin scale; TCT, trunk control test; WHS, walking handicap scale.

3. 선택된 문헌의 비뚤림 위험 분석

본 연구에서 선택한 논문 5편의 비뚤림 위험을 분석한 결과, 모든 연구에서 대상자 선정과 교란변수 확인·고려의 부적절함에 대한 선택 비뚤림, 자료의 불완전성에 대한 탈락 비뚤림, 선택적으로 결과를 보고한 보고 비뚤림은 낮은 것으로 조사되었다(Han et al., 2016; Kim et al., 2019; Kim et al., 2015; Molteni et al., 2021; Morone et al., 2011). 반면에 부적절한 결과 평가 눈가림으로 인해 발생한 결과 확인 비뚤림은 3편은 낮은 것으로 분석되었으나(Han et al., 2019; Kim et al., 2019; Morone et al., 2019), 한편은 불확실하고(Molteni et al., 2021), 나머지 한편은 높은 것으로 분석되었다(Kim et al., 2015). 또한, 부적절한 중재측정으로 인해 발생하는 중재노출로 인한 실행 비뚤림은 3편이 불확실하였고(Han et al., 2016; Molteni et al., 2021; Morone et al., 2011), 나머지 두 편은 높은 것으로 분석되었다(Kim et al., 2015; Kim et al., 2019) (Fig. 2).

4. 보존적보행훈련 대비 로봇보조보행훈련의 효과

본 연구에서 선택한 논문을 양적으로 합성한 결과, BBS, 10mWT, 6MWT, FAC, K-MBI 점수는 보존적보행훈련과 로봇보조보행훈련에서 차이를 보이지 않았다. 세부적으로 살펴보면, BBS(3.25, 95% CI, -1.31 ~

7.80, 전체 효과에 대한 이질성 $Chi^2 = 1.30, df = 2, I^2 = 0\%, Z=1.40$), 6MWT(-19.13, 95% CI, -70.57~32.31), 전체 효과에 대한 이질성 $Chi^2 = 1.34, df = 1, I^2 = 26\%, Z=0.73$), K-MBI(1.53, 95% CI, -5.23~8.30, 전체 효과에 대한 이질성 $Chi^2 = 2.66, df = 2, I^2 = 25\%, Z=0.44$)은 낮은 이질성을 보였다. 반면에 10MWT(-0.05, 95% CI, -0.17~0.07, 전체 효과에 대한 이질성 $Chi^2 = 3.75, df = 2, I^2 = 47\%, Z=0.78$)는 중등도의 이질성을 보여주었고, FAC(0.24, 95% CI, -0.34~0.83, 전체 효과에 대한 이질성 $Chi^2 = 7.16, df = 3, I^2 = 58\%, Z=0.81$)는 실질적인 이질성을 보였다(Fig. 3).

IV. 고찰

본 연구의 목적은 아급성 편마비 뇌졸중 환자를 대상으로 한 로봇보조보행훈련의 보행에 미치는 영향을 알아보고, 임상적 근거를 제시하기 위함이었다. 수집된 자료 중 양적 및 질적 합성에 선택된 5편의 RCTs를 분석하였다. 선택된 연구의 질적 합성을 5편의 연구 중에서 1편은 로봇보조보행훈련의 임상적 효과는 뇌졸중 발병 이후 생존자를 대상으로 보존적 보행훈련만 시행한 경우와 전체 평가내용에서 유사하다고 보고하고 있고(Molteni et al., 2011), 나머지 4편은 보존적 보행훈련보다 로봇보조보행훈련을 병행하였을 때 임

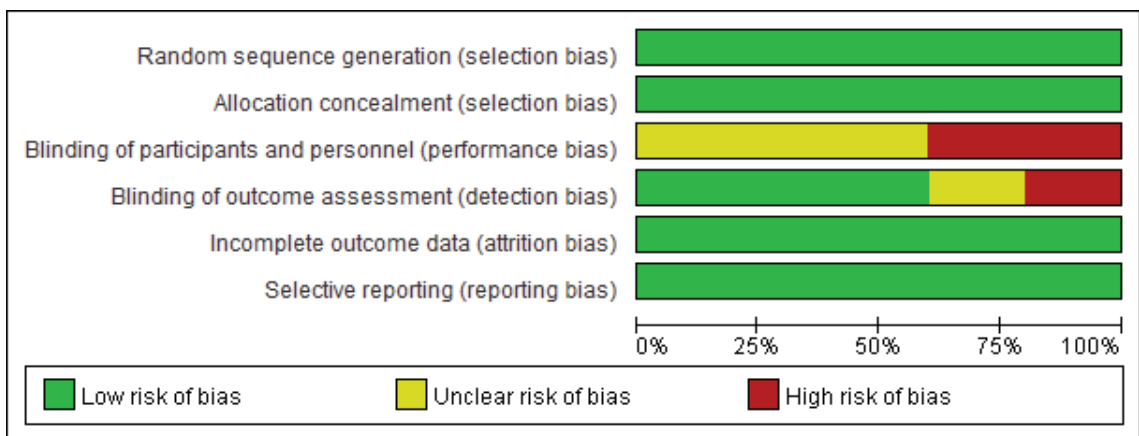


Fig. 2. Risk of bias summary for each included study.

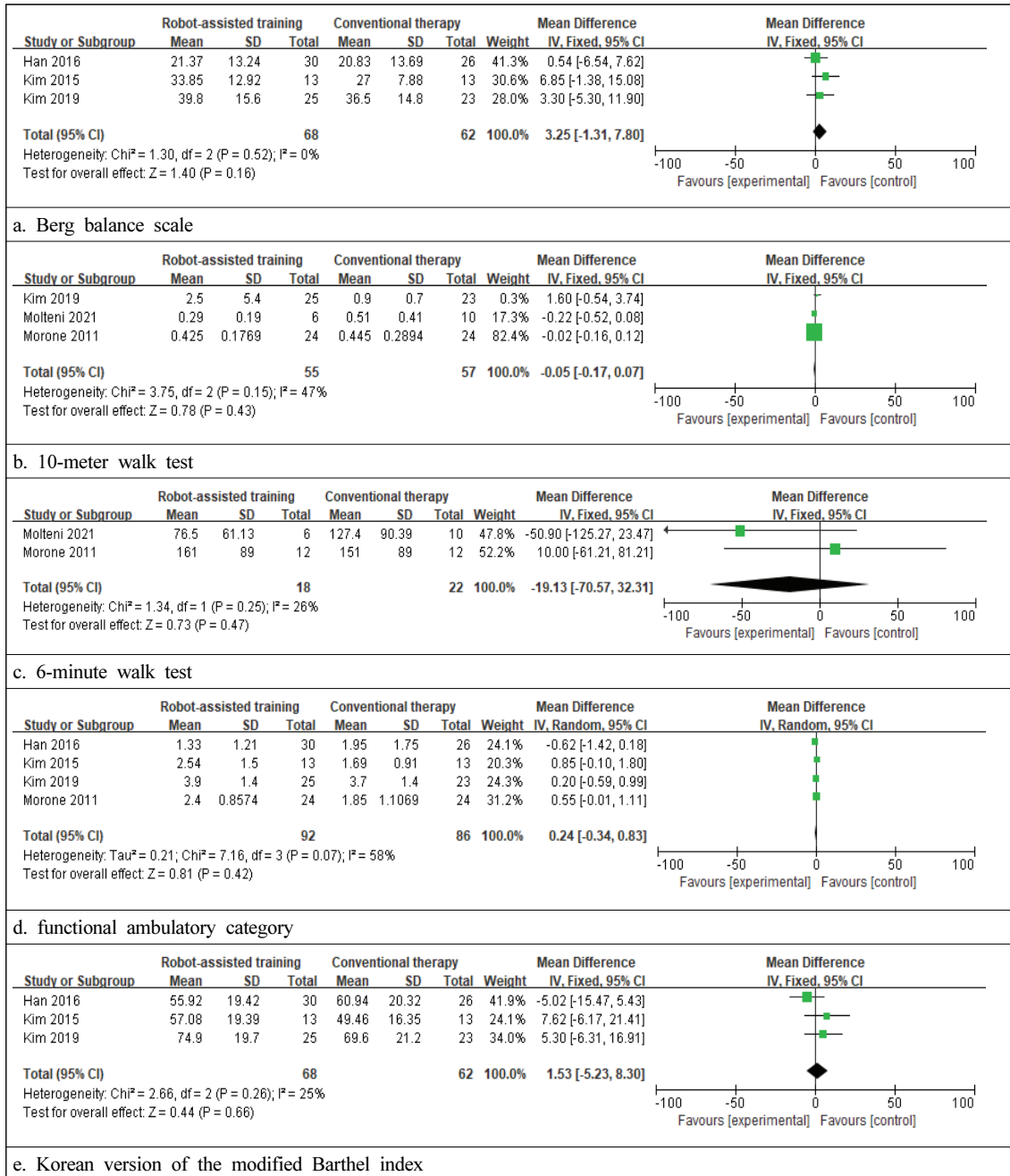


Fig. 3. Quantity summation after training both two group in the selected RCTs.

상적으로 개선을 보인다고 보고 하였다. (Han et al., 2016; Kim et al., 2019; Kim et al., 2015; Molteni et al., 2021). 반면에 양적 합성을 살펴보면, 로봇보조보행훈

련은 정적 및 동적 균형능력, 보행능력, 보행 지구력, 기능적 보행, 일상생활에서 보존적 보행훈련보다 효과적이지 않았다.

뇌졸중 발병 후 손상된 보행기능을 재활하기 위해서는 다각도로 고려해야 할 사항이 있다. 보행에 작용하는 근육의 근력, 수의적 움직임의 조절능력, 심폐지구력, 감각 등이 뇌졸중으로 인해 변화되었고, 강직과 병적반사처럼 뇌졸중 발병 이후에 새롭게 출현한 증상도 있다(Carr and Shepherd, 2010; Billinger et al., 2014; Bindawas and Vennu, 2016; Iosa et al., 2012; O'Sullivan et al., 2019). 뇌졸중 생존자가 이 모든 요인들을 고려하고 보다 정상적이고 안전한 보행기능을 회복하기 위해 보행훈련을 한다는 것은 어려운 일이다(Carr and Shepherd, 2010; Billinger et al., 2014; O'Sullivan et al., 2019). 또한 그들은 5개의 기능적 구간으로 구분되는 디딤기(stance phase)와 3개의 기능적 구간으로 구분되는 흔들기(swing phase)로 구성된 정상보행에 대한 이해가 부족하다(O'Sullivan et al., 2019). 따라서, 뇌졸중 생존자의 보행훈련을 위하여 정상보행에 대한 이론적 접근을 선행시켜야 하는 기존의 접근법과는 달리 이론적 접근 없이 정상 보행패턴을 직접 제공해 주는 로봇보조보행훈련은 대상자의 치료시간을 단축하고 정상보행에 대한 혼란요인을 배제할 수 있다는 장점이 있다(Huang and Krakauer, 2009; Taki et al., 2020).

로봇보조보행훈련은 기존의 보존적 보행훈련과는 달리 올바른 보행 패턴을 반복적으로 만들어주는 전자식·수동훈련법으로, 안전한 보행훈련과 발병초기에 제공할 수 있는 보행훈련법이다(Chang and Chun, 2015; Mirelman et al., 2009; Coenen et al., 2012). 로봇보조보행훈련의 또 다른 장점 중 하나는 체중지지 트레드밀훈련의 단점인 훈련에 필요한 치료사 인력의 경감이다. 기존 체중지지 트레드밀훈련은 대상자에게 정상적인 보행패턴을 제공하기 위하여 치료사에게 전적으로 의존하였다(Taki et al., 2020). 본 연구에서는 아급성 뇌졸중 환자를 대상으로 로봇보조보행훈련을 제공한 5편의 논문의 수집된 자료를 질적·양적 합성을 진행하였다. 살펴본 결과, 5편의 연구에서 제공한 로봇보조보행훈련의 운동강도는 동일하거나 유사하지 않았다. 향후 지속적인 연구를 통하여 아급성 뇌졸

중 편마비 환자를 대상으로 로봇보조보행훈련을 제공할 때 환자의 상태에 맞는 환자중심 훈련 적용이 가능한지 구체적으로 살펴봐야 할 것이며, 제공하는 운동강도도 환자 상태를 기준으로 표준화도 지침이 제공되어야 할 것이다(Morone et al., 2017)

본 연구는 아급성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 로봇보조보행훈련이 그들의 보행에 미치는 영향을 알아보고자, 2021년 6월까지 발표된 RCTs 논문을 양적 및 질적으로 합성하여 해석하였다. 본 연구는 문헌검색을 마무리한 21년 6월부터 원고를 완료하는 시점까지 1년 이상의 지났는데, 이 기간에 투고된 논문을 추가 검색하지 않았다. 또한 본 연구는 4개의 검색원만을 이용하였다. 향후 연구에서는 중심 검색원(core databases)뿐만 아니라, 회색문헌과 같은 표준 검색원(standard databases)도 포함되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 로봇보조보행훈련이 아급성 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향을 알아보기 위하여 발표된 RCTs 문헌을 선택하여 양적·질적 합성을 통하여 로봇보조보행훈련의 임상적 근거를 제시하였다. 분석한 결과 로봇보행훈련은 보존적 보행훈련과 비교하여 아급성 뇌졸중 환자의 보행을 개선하는데 질적 합성에서는 일부 효과를 보여주었으나, 양적 합성에서는 효과적이지 않았다. 로봇보조보행훈련은 뇌졸중 발병초기부터 안전하게 정상보행패턴을 제공하고, 보행훈련에 필요한 치료사 인력을 감소시킬 수 있는 장점이 있으나, 보존적 보행훈련보다 효과적이라고 할 수 없다. 또한, 선택된 RCTs의 로봇보조보행훈련의 운동강도는 30분에서 60분까지 다양하였고, 치료횟수는 15회와 20회로 구분되었다. 따라서, 향후 연구에서는 본 연구결과를 바탕으로 뇌졸중 발병 후 로봇보행훈련을 이용한 조기보행훈련을 제공하고자 할 때 효과적이고 적합한 운동강도와 운동방법을 알아보려고 하는 노력이 지속되어야 할 것이다.

References

- An M, Shaughnessy M. The effects of exercise-based rehabilitation on balance and gait for stroke patients: a systematic review. *Journal of Neuroscience Nursing*. 2011;43(6):298-307.
- Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors. *Stroke*, 2014;45(8): 2532–2553.
- Bindawas SM, Vennu VS. Stroke rehabilitation: A call to action in Saudi Arabia. *Neurosciences*, 2016; 21(4):297–305.
- Carr J, Shepherd R. Neurological rehabilitation: optimizing motor performance. Churchill Livingstone, 2nd ed. London, UK, 2010.
- Chang MC, Chun MH. Use of robots in rehabilitative treatment. *Journal of the Korean Medical Association*. 2015;58(2):141-146.
- Coenen P, van Werven G, van Nunen MPM, et al. Robot-assisted walking vs overground walking in stroke patients: an evaluation of muscle activity. *Journal of Rehabilitation and Medicine*. 2012;44(4):331-337.
- Gittler MM, Davis A. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. *JAMA Clinical Guidelines Synopsis*, 2018;319(8):820–821.
- Hakakzadeh A, Shariat A, Honarpishe R, et al. Concurrent impact of bilateral multiple joint functional electrical stimulation and treadmill walking on gait and spasticity in post-stroke survivors: a pilot study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 2019;37(12): 1368-1376.
- Han EY, Im SH, Kim BR, et al. Robot-assisted gait training improves brachial-ankle pulse wave velocity and peak aerobic capacity in subacute stroke patients with totally dependent ambulation. *Medicine*. 2016;95:41.
- Huang VS, Krakauer JW. Robotic neurorehabilitation: a computational motor learning perspective. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2009; 25(6):5.
- Kim J, Kim DY, Chun MH, et al. Effects of robot-(Morning Walk®) assisted gait training for patients after stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2019;33(3):516-523.
- Kim SY, Yang L, Park II, et al. Effects of innovative WALKBOT robotic-assisted locomotor training on balance and gait recovery in hemiparetic stroke: A prospective, randomized, experimenter blinded case control study with a four-week follow-up. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2015;23(4):636-642.
- Kim YH, Chang WH, Shin S, et al. Comparisons of the characteristics, initial treatment, rehabilitation therapy and long-term functional outcomes of first-ever stroke patients over a 10-year period: The KOSCO Study. *Health and Disease*, 2022;15(7):435-449.
- Iosa M, Morone G, Fusco A, et al. Seven capital devices for the Future of Stroke Rehabilitation. *Stroke Research and Treatment*. 2012;2012:187965.
- Mirelman A., Bonato P, Deutsch JE. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. *Stroke* 2009;40(1):169–174.
- Molteni F, Guanziroli E, Goffredo M, et al. Gait recovery with an overground powered exoskeleton: A randomized controlled trial on subacute stroke subjects. *Brain Science*. 2021;14(11):104.
- Morone G, Bragoni M, Iosa M, et al. Who may benefit from robotic-assisted gait training? A randomized clinical trial in patients with subacute stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2011;25(7):636-644.
- Morone G. Paolucci S, Cherubini A, et al. Robot-assisted gait training for stroke patients: current state of the art and perspectives of robotics. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. 2017;13:1303-1311.

- Nam H, Kim SY, An SH. The relationships among gait asymmetry, the gait velocity and motor function of lower extremity in stroke patients. *The Korean Society of Physical Therapy*, 2010;5(3):385–394.
- Nedergård H, Arumugam A, Sandlund M, et al. Effect of robotic-assisted gait training on objective biomechanical measures of gait in persons post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2021;18(1): 64.
- O’Sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk GD. *Physical rehabilitation*. 7th ed. Philadelphia: F.A. Davis Co. 2019.
- Refshauge K, Ada L, Ellis E. *Science-based rehabilitation: theories into practice*. Elsevier Health Sciences, Amsterdam, Netherlands. 2005.
- Selves C, Stoquart G, Lejeune T. Gait rehabilitation after stroke: review of the evidence of predictors, clinical outcomes and timing for interventions. *Acta Neurologica Belgica*, 2020;120(4):783–790.
- Taki S, Imura T, Iwamoto Y, et al. Effects of exoskeletal lower limb robot training on the activities of daily living in stroke patients: Retrospective pre-post comparison using propensity score matched analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Disease*. 2020;29(10):105176.
- WHO. Learn about stroke. 2022.
- WHO. *Toward a Common Language for Functioning, Disability and Health*. 2002.